

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-176514

(43)Date of publication of application : 24.06.1994

G11B 21/10

(71)Applicant : SONY CORP

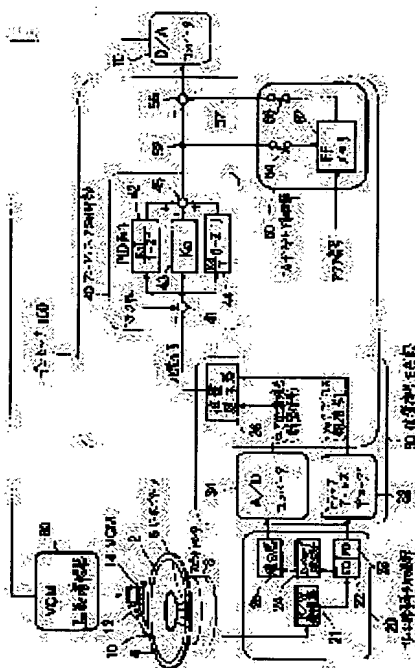
(72)Inventor : MUTO TAKAYASU
ISHIOKA HIDEAKI

(54) DISK DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To position a head to a track having an eccentricity without an error.

CONSTITUTION: The control quantity data for one rotation of a disk 2 when the head 10 is positioned by a feedback control part 40 is stored in a memory 62. At the time of normal control, the control quantity data read from the memory 62 is added to a control output from the feedback control part 40 and the control output is supplied to a VCM 14.



LEGAL STATUS

21.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

3250576

16.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-176514

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl.⁵

G11B 21/10

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

C 8425-5D

審査請求 未請求 請求項の数8(全20頁)

(21)出願番号 特願平4-351752

(22)出願日 平成4年(1992)12月8日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 武藤 隆保

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 石岡 秀昭

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

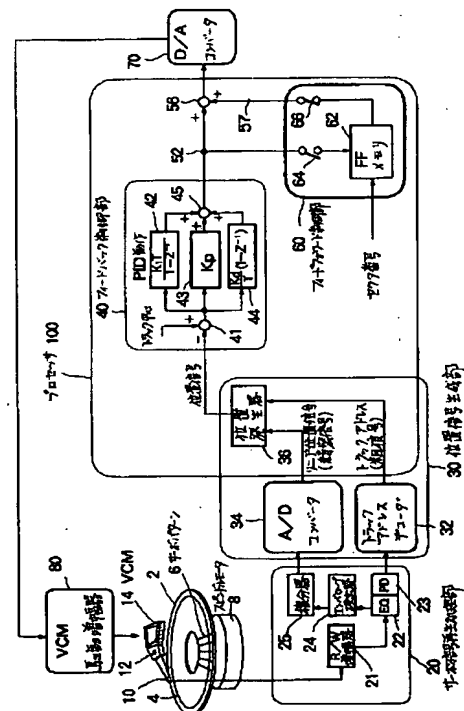
(74)代理人 弁理士 稲本 義雄

(54)【発明の名称】 ディスク装置

(57)【要約】

【目的】 偏心を持ったトラックに対して、ヘッドをほとんど誤差なく位置決めできるようにする。

【構成】 フィードバック制御部40によってヘッド10の位置決めを行ったときの、ディスク2の1回転分の制御量データをメモリ62に記憶させ、通常制御時に、フィードバック制御部40からの制御出力にメモリ62から読み出された制御量データを加算してVCM14に供給する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ヘッドを位置決めするためのサーボパターンが記録されたディスクと、上記ヘッドを駆動するアクチュエータと、上記ヘッドが上記サーボパターンを読み取って発生する再生信号より位置信号を生成する位置信号生成手段と、上記位置信号を用いて上記ヘッドを目標トラックに位置決めするフィードバック制御手段とを有するディスク装置において、データを記憶する記憶手段と、上記フィードバック制御手段によって上記ヘッドの位置決め動作を行ったときの、上記ディスクの 1 回転分の制御量データを上記記憶手段に記憶させ、通常制御時に、上記フィードバック制御手段からの制御出力に上記記憶手段から読み出された制御量データを加算してアクチュエータに供給するフィードフォワード制御手段を備えたことを特徴とするディスク装置。

【請求項 2】 上記フィードフォワード制御手段が、上記フィードバック制御手段によって上記ヘッドの位置決め動作を行ったときの、原制御量データに対し、フィルタリング処理を行った後に、データの時系列を反転させ、さらに上記フィルタリング処理を行った後に、再度データの時系列を反転させた結果を、制御量データとして上記記憶手段に記憶させることを特徴とする請求項 1 記載のディスク装置。

【請求項 3】 上記サーボパターンが放射状に形成され、上記フィードフォワード制御手段が、上記記憶手段に記憶された制御量データを上記フィードバック制御手段からの制御出力に加算する際に、上記ヘッドが上記サーボパターンを再生するタイミングを、加算制御量出力時の位相基準として用いることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のディスク装置。

【請求項 4】 上記サーボパターンが上記ヘッドの回転軌跡に合わせて円弧状に形成され、上記ヘッドの半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブルをさらに備え、上記フィードフォワード制御手段が、上記記憶手段に記憶された制御量データを上記フィードバック制御手段からの制御出力に加算する際に、上記ヘッドが上記サーボパターンを再生するタイミングに対し、現在のトラック位置に応じて上記テーブルから読み出した位相変化量だけ位相をずらしたものを、加算制御量出力時の位相基準として用いることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のディスク装置。

【請求項 5】 ヘッドを位置決めするためのサーボパターンが記録されたディスクと、上記ヘッドを駆動するアクチュエータと、上記ヘッドが上記サーボパターンを読み取って発生する再生信号より位置信号を生成する位置信号生成手段と、上記位置信号を用いて上記ヘッドを目標トラックに位置決めするフィードバック制御手段とを有するディスク装置において、

データを記憶するための記憶手段と、

上記ヘッドを所定位置に固定する手段と、

上記ヘッド固定手段によりヘッドを所定位置に固定した状態での 1 回転分の位置信号の測定を行って得られた位置信号データに対し制御対象であるアクチュエータヘッド系の伝達関数の逆数に相当するゲインおよび位相の変化を与えたものまたはその符号を反転したものをフィードフォワードデータとして上記記憶手段に記憶させておき、通常制御時に、上記フィードバック制御手段からの制御出力に上記記憶手段から読み出したフィードフォワードデータを加算または減算して上記アクチュエータに供給するフィードフォワード制御手段とを備えたことを特徴とするディスク装置。

【請求項 6】 上記フィードフォワード制御手段が、制御対象であるアクチュエータヘッド系の逆伝達関数または伝達関数のゲインおよび位相を、ヘッド振動振幅に対する関数の形で記憶したテーブルを含み、上記ヘッドを所定位置に固定した状態での 1 回転分の位置信号の計測を行った際の位置信号の振幅に応じて上記テーブルを参照して得たゲインおよび位相の値またはその逆数を、フィードフォワードデータを計算する際の計測した位置信号データに対して与えるゲインおよび位相の変化量とするように構成されていることを特徴とする請求項 5 記載のディスク装置。

【請求項 7】 上記フィードフォワード制御手段が、上記ヘッドを所定位置に固定した状態での 1 回転分の位置信号の測定を行って得られた原位置信号データに対して所定のフィルタリング処理を施し、時系列を反転させ、前記所定のフィルタリング処理と同一の処理を施し、時系列を反転させて得られた位置信号データに対し制御対象であるアクチュエータヘッド系の伝達関数の逆数に相当するゲインおよび位相の変化を与えたものをフィードフォワードデータとして記憶手段に記憶するように構成されていることを特徴とする請求項 5 記載のディスク装置。

【請求項 8】 上記サーボパターンが上記ヘッドの回転軌跡に合わせて円弧状に形成されており、上記フィードフォワード制御手段が、ヘッド半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブルを含み、上記サーボパターンを上記ヘッドが再生するタイミングに対し、現在のトラック位置に応じて上記テーブルから引き出した位相変化量だけ位相をずらしたものを、フィードフォワードデータ出力時の位相基準として用いるように構成されていることを特徴とする請求項 5 記載のディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、情報処理装置用大容量記憶装置に係り、さらに詳しくは、磁気ディスクおよび光ディスクなどのディスク装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図30は、従来の磁気ディスク装置の一例を示す。磁気ディスク2は、スピンドルモータ8によって回転駆動される。磁気ヘッド10は、アーム12によって支持され、ボイスコイルモータ（VCM）14によって回転させられて、磁気ディスク2に対してデータの書き込みおよび読み出しを行う。

【0003】サーボ信号再生処理部20は、磁気ヘッド10の読出力信号からサーボ信号を再生する。位置信号生成部30は、サーボ信号を受けて、磁気ヘッド10の位置を示す位置信号を生成する。フィードバック制御部40は、位置信号とトラック中心信号とから磁気ヘッド10とトラック4との相対位置誤差信号を導出し、この位置誤差信号が最小になるように駆動部を介してVCM14を制御する。その結果、磁気ヘッド10は、概ねトラック4の中心線を追従して走行する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の磁気ディスク装置においては、トラック位置決め精度を所定精度（例えば、 $0.5\mu\text{m}$ ）より高くしようとするとき、以下のような問題点があった。

【0005】すなわち、同心円のデータトラックもしくはスパイラルにきざまれたデータトラックの中心に対し、スピンドルモータ10の軸中心がずれている場合に数十 μm のディスクの偏心に相当する外乱がサーボ系に入ることになる。このとき、閉ループのサーボゲインのみではトラック位置決め精度を所定精度より高くすることができず、位置決め精度に限界を生ずるという問題点があった。

【0006】本発明の目的は、上記の問題点を解消して、ディスク偏心が大きい場合でもその偏心をもったトラックに対し、ヘッドをほとんど誤差無く位置決めできるディスク装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述した課題を解決するために、偏心を持ったトラックへのヘッドの位置決め動作が、1回転周期で変化する目標入力に対する追従サーボ制御と考えることができることに着目し、制御対象が目標入力であるトラック偏心に従って動くような駆動入力を閉ループ外から周期的に供給する手段を新たに設けて、その際の残差分のみを閉ループ制御系で抑圧する構成とする。

【0008】本発明の第1のディスク装置は、ヘッド（例えば、図1の磁気ヘッド10）を位置決めするためのサーボパターン（例えば、図1のサーボパターン6）が記録されたディスク（例えば、図1の磁気ディスク2）と、ヘッドを駆動するアクチュエータ（例えば、図1のVCM14およびアーム12）と、ヘッドがサーボパターンを読み取って発生する再生信号より位置信号を生成する位置信号生成手段（例えば、図1の位置信号生

成部30）と、位置信号を用いてヘッドを目標トラックに位置決めするフィードバック制御手段（例えば、図1のフィードバック制御部40）とを有するディスク装置であって、データを記憶する記憶手段（例えば、図1のFFメモリ62）と、フィードバック制御手段によってヘッドの位置決め動作を行ったときの、ディスクの1回転分の制御量データを記憶手段に記憶させ、通常制御時に、フィードバック制御手段からの制御出力に記憶手段から読み出された制御量データを加算してアクチュエータに供給するフィードフォワード制御手段（例えば、図1のフィードフォワード制御部60）を備えたことを特徴とする。

【0009】本発明の第2ディスク装置は、ヘッド（例えば、図19の磁気ヘッド10）を位置決めするためのサーボパターン（例えば、図19のサーボパターン6）が記録されたディスク（例えば、図19の磁気ディスク2）と、ヘッドを駆動するアクチュエータ（例えば、図19のアーム12およびVCM14）と、ヘッドがサーボパターンを読み取って発生する再生信号より位置信号を生成する位置信号生成手段（例えば、図19の位置信号生成部30）と、位置信号を用いてヘッドを目標トラックに位置決めするフィードバック制御手段（例えば、図19のフィードバック制御部40）とを有するディスク装置であって、データを記憶するための記憶手段（例えば、図19のFFメモリ62A）と、ヘッドを所定位置に固定する手段と、ヘッド固定手段によりヘッドを所定位置に固定した状態での1回転分の位置信号（偏心量に相当する）の測定を行って得られた位置信号データに対し制御対象であるアクチュエータヘッド系の伝達関数の逆数に相当するゲインおよび位相の変化を与えたものまたはその符号を反転したものをフィードフォワードデータとして記憶手段に予め記憶させておき、通常制御時に、フィードバック制御手段からの制御出力に記憶手段から読み出したフィードフォワードデータを加算または減算してアクチュエータに供給するフィードフォワード制御手段（例えば、図19のフィードフォワード制御部60A）とを備えたことを特徴とする。

【0010】

【作用】本発明の第1のディスク装置においては、フィードフォワード制御手段が、フィードバック制御手段によってヘッドの位置決め動作を行ったときの、ディスクの1回転分の制御量データを記憶手段に記憶させ、通常制御時に、フィードバック制御手段からの制御出力に記憶手段から読み出された制御量データを加算してアクチュエータに供給する。従って、偏心を持ったトラック位置に対しヘッドの位置をほとんど誤差無く位置決めすることができる。

【0011】本発明の第2のディスク装置においては、フィードフォワード制御手段が、ヘッドを所定位置に固定した状態での1回転分の位置信号（偏心量に相当す

る)の測定を行って得られた位置信号データに対し制御対象であるアクチュエーターヘッド系の伝達関数の逆数に相当するゲインおよび位相の変化を与えたものまたはその符号を反転したものをフィードフォワードデータとして記憶手段に予め記憶させておき、通常制御時には、フィードバック制御手段からの制御出力に記憶手段から読み出したフィードフォワードデータを加算または減算してアクチュエータに供給する。従って、偏心を持ったトラック位置に対しヘッドの位置をほとんど誤差無く位置決めすることができる。

【0012】

【実施例】図1は、本発明を磁気ディスク装置に適用した場合の一実施例の構成を示す。磁気ディスク2は、スピンドルモータ8によって回転駆動される。磁気ヘッド10は、アーム12によって支持され、ボイスコイルモータ(VCM)14によって回転させられて、磁気ディスク2に対してデータの書き込みおよび読み出しを行う。

【0013】磁気ディスク2には、同心円状または螺旋状の多数のトラック4が設定され、トラック4にはヘッド10を位置決めするための粗と精密のサーボパターンが予め記録されている。スピンドルモータ8の回転軸は、例えば3600rpmで駆動される。

【0014】磁気ヘッド10は、トラック4の幅に対応する感知幅を有する。サーボ信号再生処理部20および位置信号生成部30は、トラック4と磁気ヘッド10の相対変位をフィードバック制御部40に出力する。サーボ信号処理部20、位置信号生成部30およびフィードバック制御部40は、公知の構成を有するので、ここは詳述しないが、簡単に説明しておく、サーボ信号再生処理部20は、磁気ヘッド10がサーボパターンを読み取って発生するサーボ信号を増幅するR/W増幅器21と、この増幅器21の出力を等化するEQ(イコライザ)22と、EQ23の出力から位相を検出するPD(位相検出器)23と、EQ22の出力からエンベロープを検出するエンベロープ検出器24と、検出器24の出力を積分する積分器25とを備えている。

【0015】位置信号生成部30は、サーボ信号再生処理部20のPD23からの出力からトラックアドレスをデコードして出力するトラックアドレスデコーダ32と、サーボ信号再生処理部20の積分器25からの出力信号をデジタル信号に変換して出力するA/Dコンバータ34と、アドレスデコーダ32の出力信号とA/Dコンバータ34の出力信号とからトラック4と磁気ヘッド10との相対変位を示す位置信号を出力する位置発生器36とを備えている。

【0016】フィードバック制御部40は、位置信号生成部30からの位置信号とトラック中心を示す信号との差を求めて位置誤差信号を出力する減算器41と、この位置誤差信号に対してPID動作を行うための構成要素

42、43および44と、これらの構成要素の出力を加算する加算器45とを備えている。フィードバック制御部40は、D/Aコンバータ70および駆動増幅器80を介してVCM14を駆動し、磁気ヘッド10をトラック4の中心に位置決めする動作を継続する。以上は公知の技術である。

【0017】図1の本発明の実施例の特徴は、フィードフォワード制御部60を設けた点と、このフィードフォワード制御部60の出力信号とフィードバック制御部40の出力信号とを加算してD/Aコンバータ70に供給する加算器56を設けた点にある。フィードフォワード制御部60は、FF(フィードフォワード)メモリ62と、フィードバック制御部40の出力信号をFFメモリ62に選択的に供給するためのスイッチ64と、FFメモリ62の出力信号を選択的に加算器56に供給するためのスイッチ66とを備える。

【0018】上述した位置発生器36、フィードバック制御部40、フィードフォワード制御部60および加算器56は、プロセッサ100により構成することができる。

【0019】フィードフォワード制御部60は、図2に示されているように、例えば電源オン毎に、フィードバック制御部40のみを用いて磁気ヘッド10を所定のトラック4に位置決めさせる予備トラッキング動作を行う(ステップS1)。この予備トラッキング動作では、スイッチ66はオフ状態に維持され、フィードフォワード制御部60の出力は0である。なお、位置信号生成部30は、粗パターンの再生信号から得たトラックアドレスと、精密パターンの再生信号から合成したリニアな位置信号を出力するため、トラック8の偏心が大きい場合でも、トラッキング制御が外れることはなく安定した位置決めが実現される。

【0020】スイッチ64は、通常制御時はオフであるが、予備トラッキング動作時にはオンとなり、偏心を持ったトラック4への位置決め動作時のフィードバック制御部40の制御出力52が、1回転分、メモリ62に記憶される(ステップS2)。この際、信号の品質を改善するために、数回転分の制御出力を計測した後に平均演算を行って1回転分の制御量データとしてもよい。制御量データの測定頻度は、サーボセクタ毎とするのが簡単であるが、メモリの容量等を考慮して頻度を減らすこともできる。

【0021】ところで、磁気ヘッド10は、フレキシブルケーブル等により外力を受けるため、フィードバック制御部40によるトラッキング動作を行った際の制御出力には、定常オフセットが発生する。外力にたいしては、別に補正手段を設けるのが一般的であるので、ここでは、オフセットを除去するため、各データから全データの平均値を減算して得られたデータを制御量データとする。ただし、磁気ヘッド10が受ける外力が小さい場

10

20

30

40

50

合や、ヘッドの半径位置によらず外力がほぼ一定であって別に補正手段を設けない場合においては、この処理は省略することができる。

【0022】最終的に、メモリ62に記憶する制御量データとしては、上記の平均値を減算した後の制御量データか、この制御量データにフィルタリング処理を施した結果のデータを用いる（ステップS4）。

【0023】以上が、予備トラッキング動作についての説明であり、以下では、通常制御時のヘッド位置決め動作について説明する。

【0024】通常制御時には、スイッチ66はオンとなり、メモリ66に記憶された制御量データが、予備トラッキング動作において計測されたときと同一のタイミングで参照され、フィードフォワード制御出力57として出力される。フィードフォワード制御出力57は、加算器56によりフィードバック制御部40の出力52に加算された後、D/Aコンバータ70および駆動増幅器80を介してVCM14を駆動する。

【0025】メモリ62の制御量データを、予備トラッキング動作において測定したときと同一のタイミングで参照するための基準信号としては、ディスク2上に記録されたサーボパターンをヘッド10が再生した信号や、スピンドルモータ8の回転角信号などを用いればよい。

【0026】上述した構成および動作により、位置信号生成部30、フィードバック制御部40、D/Aコンバータ70およびVCM駆動増幅器80により構成される閉ループ制御が目標とするトラック中心位置に対する定常位置決め偏差を減少させることができる。

【0027】図1の実施例においては、メモリ62に、平均値を減算した後の制御量データに対して通常のフィルタリング処理を施した結果のデータを記憶させた場合、元の制御量データに対してメモリ62上の制御量データの位相がずれるため、制御性能の劣化が生じるとい

う問題がある。

【0028】この問題を解決するには、フィードフォワード制御部60を、図3に示すように、元の制御量データ52に対して位相ずれのない制御量データを得るフィルタリング処理部63を備えるように変形すればよい。すなわち、フィルタリング処理部63は、図3に示したように、元の制御量データ52をフィルタ631（例えば、1次のデジタルLPF）に通した後、そのデータの時系列を反転部632により反転させてもう一度フィルタ631と同一のフィルタ633に通し、再度データの時系列を反転部634により反転させた結果をメモリ62に記憶させる制御量データとする。

【0029】以上のことは、例えば以下の式計算により実現することができる。

(i) $d(k)$ ($k = 0 \cdots n-1$) ; 原制御量データ52

(ii) for $i = 0$ to $n-1$

$f1(i+1) = F1 \cdot f1(i) + F2 \cdot d(i)$

; $F1, F2$: フィルタ631(632)の係数

$f1(k)$: 1回目のフィルタリング結果

(iii) for $j = n-1$ to 0 ; (ii)と計算方向を反転させる

$f2(j) = F1 \cdot f2(j+1) + F2 \cdot f1(j+1)$

; $f2(k)$: 2回目のフィルタリング結果をメモリ62に記憶させる

【0030】ただし、フィルタリングの際に、フィルタ時定数に起因する初期追従遅れが発生するため、元の制御量データ52をコピーして2・3周期分に拡張したデータをフィルタ631(633)への入力データとし、フィルタリング結果のうち追従遅れの残留しない中央部のデータを取り出してメモリ62に記憶させる制御量データとすればよい。

【0031】上述した図3の構成をとることにより、基本波だけでなく高調波成分についても位相ずれのない制御量データ52のフィルタリング結果データが得られるので、偏心に対する追従残差が発生しない利点がある。

【0032】図1の実施例においてヘッド10が、回転アーム12により支持されている場合、ヘッド10が移動するとスピンドルモータ8の回転位相に対してヘッド位置における偏心位相が変化するため、例えばスピンドルモータ8の回転角信号をメモリ62の制御量データの参照タイミングのための基準信号として用いたのでは、ヘッド10が移動した時に偏心位相と加算制御量57の出力位相との間にずれを生じてオフトラックが残留するという問題がある。

【0033】この問題を解決するためには、図4のようにサーボパターン6がディスク2上に放射状に形成されている場合には、メモリ62に記憶された制御データを、フィードバック制御部40からの制御出力52に加算する際、ヘッド10がサーボパターン6を再生するタイミングを加算制御量57出力時の位相基準として用いればよい。

【0034】すなわち、それぞれサーボパターンが形成されるサーボセクタが等間隔にn個設けられ、これらのサーボセクタに0乃至(n-1)までの番号を付するものとし（この割当は、例えば、サーボセクタの中で特にユニークなものをセクタ0とし、そこから順番に(n-1)までの番号を付すればよい）、通常制御時にヘッド10がセクタi ($i = 1 \cdots n-1$) のサーボパターンを読み取ったタイミングにおいて、予備トラッキング動作時にヘッド10が同じセクタi上のサーボパターンを再生した時刻における制御量データf(i)をメモリ62から参照してフィードフォワード制御出力57とし、フィードバック制御部40の出力52に加算するようにフィードフォワード制御部60を構成すればよい。

【0035】このような構成は、図4のようにサーボセクタを放射状に形成した場合、ヘッド位置にかかわらず、同一サーボセクタがヘッド10により読み取られる

10

20

30

40

50

タイミングとヘッド位置における偏心位相が同期した形で得られることを利用している。

【0036】すなわち、図4に示したようにヘッド10が最内周(ID)から最外周(OD)へ移動してスピンドル回転中心からの位相が $\Delta\theta$ だけ変化すると、偏心の位相が $\Delta\theta$ だけ変化するのに対し、図5に示されているように、放射状に書かれた同一のサーボセクタがヘッド10により読み取られるタイミングもまた同じ $\Delta\theta$ 変化する。従って、ヘッド10の位置にかかわらず同一のサーボセクタにおいては同一位相でフィードフォワード10

制御出力57を供給すればよいことがわかる。

【0037】前述のように、図1の実施例においてヘッド10が回転アーム12により支持されている場合、ヘッド10が移動するとスピンドルモータ8の回転位相に対してヘッド位置における偏心位相が変化するため、例えばスピンドルモータ8の回転角信号をメモリ62の制御量データの参照タイミングのための基準信号として用いたのでは、ヘッド10が移動した時に偏心位相と加算制御量57の出力位相との間にずれを生じてオフトラックが残留するという問題がある。

【0038】この問題を解決するには、図6のように、サーボパターン6がディスク2上にヘッド回転軌跡に合わせて円弧状に形成されている場合には、ヘッド半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブルを追加し、メモリ62上の制御量データをフィードバック制御部44からの制御出力52に加算する際に、円弧状に形成したサーボパターンをヘッド10が再生するタイミングに対し、現在のトラック位置に応じて上記テーブルから引き出した位相変化量だけ位相をずらしたものを、加算制御量57出力時の位相基準として用いればよい。

【0039】すなわち、通常制御時に、ヘッド10がセクタ i ($i=1\cdots n-1$) のサーボパターンを読み取ったタイミングにおいて、予備トラッキング動作時にヘッド10が同じセクタ i 上のサーボパターンを再生した時刻における制御量データ $f(i)$ に対して、現在のヘッド半径位置 x における(予備トラッキング動作時のヘッド位置からの)偏心位相変化に相当するサーボセクタ数 kx 分だけ位相をずらした制御量データ $f(i-kx)$ をメモリ62から参照してフィードフォワード制御出力57とし、フィードバック制御部40の出力52

に加算するようにフィードフォワード制御部60を構成すればよい。

【0040】このような構成は、図8に示すように、フィードフォワード制御手段60中にヘッド半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブル67を例えばROMとして設けることにより実現できる。予備トラッキング動作時のヘッド位置をID(最内周)とした場合のテーブル67内容の一例を図9に示した。これによって、現在のヘッド位置(Track Number: x)における前述の「偏心位相変化に相当するサーボセ

クタ数 kx 」が参照される。もちろん、この関係を関数式として記憶しておくこともできる。

【0041】このような構成は、サーボセクタをヘッド軌跡と同一の円弧状に形成した場合、図6に示したように、ヘッド10が最内周(ID)から最外周(OD)に移動してスピンドル回転中心からの位相が $\Delta\theta$ だけ変化した時、偏心の位相は $\Delta\theta$ 変化するのに対し、サーボパターンがヘッド軌跡と同一であるため、図7に示されているように、同一のサーボセクタがヘッド10により読み取られるタイミングが変化しないことを利用している。図7から、同一サーボセクタにおいて、ヘッド10の回転中心からの位相変化分 $\Delta\theta$ だけフィードフォワード制御出力57の位相をずらす必要のあることがわかり、予めこの位相変化量 $\Delta\theta$ をヘッド位置(Track Number: x)に対応づけてテーブル67中に記憶しておけばよいことがわかる。

【0042】図10乃至図18は、本発明の有効性を、シミュレーションにより確認した結果を示す。

【0043】まず、フィードバック制御(PID制御)部40のみでの偏心時のトラッキング波形(三周分)を図10に示す。この例は、偏心量を50 [$\mu\text{m p-p}$] (± 25 [μm])としている。なお、サンプリング間隔を40 [μs]、一周を16.8 [ms] (420 samples, 59.5 Hz)とした。また、 $\sigma=0.07$ [μm]のノイズを観測ノイズとして加算している。

【0044】図10より、50 [$\mu\text{m p-p}$]の偏心に対して、フィードバック制御(PID制御、偏心周波数におけるループゲイン約43 dB)のみで抑圧した場合、オフトラックが約0.45 [$\mu\text{m p-p}$]残留していることが分かり、また、制御電流波形を見ると位置ノイズの影響により、正弦波成分の10倍程度の振幅の振動が重畳しているのがわかる。フィードフォワードのためのデータはこの電流波形より抽出しなければならない。

【0045】ここでは、図3のフィルタリング処理部63を用いて制御電流の偏心周波数成分の抽出を行う場合を示す。図11は、図10の制御電流波形の縦軸レンジを拡大したものである。信号 S/N を上げるため、3周分の平均を取ったものをフィルタリングのための原信号として用いることにする。図11(a)の波形の1周期目、2周期目、3周期目の各データの同一サンプルにおける平均をとると図11(b)となる。(平均によりノイズ成分の振幅は約 $1/\sqrt{3}$ に減少しているのがわかる。)

【0046】フィルタリングの際にはフィルタ出力の初期追従遅れを考慮してこの平均化した信号を3周期分に引き伸ばした信号(2, 3周期目は1周期目のコピー)をフィルタリングのための原信号として用いる(図12)。この信号を帯域200 [Hz]のデジタルLP

Fに通した結果が、図 1 3 の実線であり、基本波成分の位相に遅れが見られるものの、ノイズ成分がかなり除去できているのがわかる。

【0047】さらに、このデータの時系列を反転させて同一のフィルタに通した結果が、図 1 4 の実線であり、位相が元に戻った上にかなりきれいな正弦波として抽出できているのがわかる。

【0048】ただし、この結果はLPFを通したことによりゲインが低下したものとなっている。そこでの補償のため、59.5 [Hz] における (2 回分の) フィルタゲインの逆数 (この例では 1.085) をフィルタリング結果に乗ずる (図 1 5)。

【0049】フィルタリング処理の過程を拡大して示したものが、図 1 6 である。1 回目のフィルタリング結果を点で、2 回目の結果を波線で、ゲイン補正を行った結果を実線で示した。1 回目のフィルタリング結果は位相がずれノイズ成分も若干残留しているが、ゲイン補正を行った後の波形 (実線) は若干原ノイズに起因する歪みはみられるものの、ほぼきれいな正弦波が抽出できていることがわかる。なお、同図からわかるようにフィルタの最初の部分および最後の部分にフィルタの追従遅れによる原波形からの離脱が生じている。先にフィルタリングによって用いる原信号を引き伸ばしたのはこのためであり、フィードフォワードデータとしてはこの影響を受けない 2 周期目のデータ (各サンプルにおけるゲイン補正後のデータ) を用いる。すなわち、フィードフォワードデータは、図 1 7 となり、トラッキング時はこのフィードフォワードデータに基づく電流を 1 回転毎に繰り返して加算して与えることになる。

【0050】次に、以上の過程で得られたフィードフォワードデータを用いた場合の、偏心抑圧効果を示す。加算偏心量を図 1 0 の場合と同じ 50 [$\mu\text{m p-p}$] とし、図 1 7 に示した電流をフィードフォワードデータとして加算した場合のトラッキング波形を図 1 8 に示す。ただし、ここではフィードフォワードによる残差と他の要因による残差とを分離するためノイズは加算していない。図 1 8 に示されているように、オフトラックは 0.049 [$\mu\text{m p-p}$] であり、フィードフォワードを付加した時のループゲインと合わせたトータルでの抑圧率は -60.2 [dB] である。このことから、本発明により偏心に対する抑圧率が、従来のフィードバック制御のみでの抑圧率 -43 dB に比べ大幅に改善されることがわかる。

【0051】図 1 9 は、本発明を磁気ディスク装置に適用した場合の別の実施例を示す。図 1 9 中、図 1 と同一部分には同一参照番号が付されている。図 1 9 の本発明の実施例の特徴は、フィードフォワード制御部 60A を設けた点と、このフィードフォワード制御部 60A の出力信号とフィードバック制御部 40 の出力信号とを加算して D/A コンバータ 70 に供給する加算器 56A を設

けた点にある。フィードフォワード制御部 60A は、位置信号生成部 30 からの位置信号を選択的に入力するためのスイッチ 65 と、このスイッチ 65 を介して入力される位置信号からフィードフォワードデータを計算するフィードフォワードデータ計算部 68 と、FF (フィードフォワード) メモリ 62A とを備える。

【0052】位置発生器 36、フィードバック制御部 40、フィードフォワード制御部 60A および加算器 56A は、プロセッサ 100A により構成することができる。

【0053】図 20 は、図 1 9 の実施例においてフィードフォワード計算部 68 がフィードフォワードデータを求める方法を示す。図 1 9 の実施例では、磁気ヘッド 10 を所定位置に固定する手段を有する。具体的には、例えば外周側にメカストッパーを設けておき、VCM14 にバイアス電流を印加して回転アーム 12 をストッパーに押し付けることにより磁気ヘッド 10 を固定する。このヘッド固定手段を用い、予め、例えば電源投入毎に、ヘッドを所定位置に固定し (ステップ S11)、1 回転分のサーボセクタのそれぞれについて位置信号 (偏心量に相当する) を測定してメモリに記憶し (ステップ S12)、全サーボセクタについての位置信号データの平均値を計算し、各サーボデータの位置信号データから平均値を減算し (ステップ S13)、平均値を減算した位置信号データまたは該データをフィルタリングして得られた位置信号データに対し、制御対象であるアクチュエーターヘッド系の伝達関数の逆数に相当するゲイン・位相の変化を与え (ステップ S14)、これにより得られたデータの符号を反転したもの (符号反転は省略可) をサーボセクタ毎のフィードフォワードデータとして FF メモリ 62A にストアする (ステップ S15)。

【0054】なお、信号の品質を改善するために、数回転分の位置信号を平均したものを 1 回転分の位置信号データとしてもよく、また、位置信号データの計測頻度は、サーボセクタ毎とするのが簡単であるが、メモリの容量等を考慮して頻度を減らすこともできる。

【0055】以下では、上述の方式で計算したデータによるフィードフォワード制御を付加した、通常制御時のヘッド位置決め動作について説明する。

【0056】通常制御時には、メモリ 62A に記憶されたフィードフォワードデータが、上記の 1 回転分の位置信号測定動作時と同一のタイミングで参照され、フィードフォワード制御出力 57A として出力される。フィードフォワード制御出力 57A は、加算器 56A によりフィードバック制御部 40 の出力 52 に加算された後、A/D コンバータ 70 を介して VCM 駆動増幅器 80 に供給され、駆動増幅器 80 はこれに応じて VCM14 を駆動する。

【0057】なお、上述のフィードフォワードデータ計算時に、符号反転を省略した場合は、加算器 56A を減

算器に置き換え、フィードフォワード制御出力57Aを、フィードバック制御部40の出力52から減算する構成とすればよい。

【0058】メモリ62Aの制御量データを、予備トラッキング動作において計測したときと同一のタイミングで参照するための基準信号としては、ディスク2上に記録されたサーボパターン6をヘッド10が再生した信号や、スピンドルモータ8の回転角信号などを用いればよい。

【0059】上記構成をとることにより、位置信号生成部30、フィードバック制御部40、D/Aコンバータ70およびVCM駆動増幅器80で構成する閉ループ制御が目標とするトラック中心位置に対する定常位置決め偏差を減少させることができるが、その原理は以下の通りである。

【0060】図21は、図19の本発明による磁気ディスク装置の実施例を簡略化したブロック線図である。図21中、151はコントローラの伝達関数、152は制御対象であるアクチュエーターヘッド系の伝達関数、 r は目標トラック中心、 x はヘッド位置、 d はトラック偏心、 y は観測位置、であり、これは、公知技術と同一である。 Uff は、本発明で新たに付加したフィードフォワード制御出力である。

【0061】図21は、図22に等価変換できるから、図21における残留外乱成分は、次の(式1)のようになすことができる。

【0062】

$$d' = d + G(j\omega) \cdot Uff \quad \cdots \cdots (式1)$$

【0063】ところが、既述の方法で計算したフィードフォワードデータによった場合、フィードフォワード制御出力 Uff は、

$$Uff = - \text{inverse}(G(j\omega)) \cdot d$$

ただし、 $G(j\omega) \cdot \text{inverse}(G(j\omega)) = 1$ となり、これより $d' = 0$ を得る。

【0064】したがって、図19の本発明の実施例によれば、トラック偏心の影響を打ち消すことができ、目標トラック中心に対する定常位置決め偏差を減少させることができる。

【0065】図19の実施例の上述のフィードフォワードデータ計算において、アクチュエーターヘッド系の伝達関数のゲインおよび位相を固定値とした場合、実際には振動振幅が変わるとアクチュエータの軸受のロスが変化すること等によりアクチュエーターヘッド系の伝達関数のゲインおよび位相も変化する。従って、トラック偏心の大きさによっては上記(式1)右辺の相殺が完全には行われず、制御性能が劣化するという問題があった。

【0066】この問題を解決するためには、図19の実施例のフィードフォワードデータ計算において、アクチュエーターヘッド系の伝達関数のゲインおよび位相(図20における $|G(j\omega)|$ および p)を固定値とせず、

ヘッド振動振幅に応じて可変とすればよい。具体的には、予め(工場出荷時等に)実機で使用するのと同じのアクチュエーターヘッド系を用い、振幅を変えた正弦波で駆動して、ヘッド振動振幅をパラメータとしたアクチュエーターヘッド系の伝達関数のゲインおよび位相(またはその逆数)をテーブルとして作成し記憶させる。図23は、アクチュエーターヘッド系の伝達関数のゲインをヘッド振動振幅に対する関数の形で記憶されるテーブルの一例を示し、図24は、アクチュエーターヘッド系の伝達関数の位相をヘッド振動振幅に対する関数の形で記憶されるテーブルの一例を示す。

【0067】そして、図20に示された方法と同様に、予め例えば電源投入毎に、ヘッドを所定位置に固定した状態での1回転分の位置信号(偏心量)の計測を行い、メモリ62Aに記憶させるフィードフォワードデータを計算する際に、計測した位置信号データの振幅に応じて上記テーブルを参照して得たゲインおよび位相(またはその逆数)の値を、図20における $|G(j\omega)|$ および p (またはその逆数)として用いるように構成すればよい。

【0068】このような構成をとることにより、実際のトラック偏心の大きさによらず(式1)右辺の相殺がほぼ完全に行えるので、制御性能が劣化しない利点がある。

【0069】図19の実施例の図20のステップS13において平均値を減算した後の位置信号データに対して通常のフィルタリング処理を施した結果のデータを用いてフィードフォワードデータの計算を行った場合、元の位置信号データに対して抽出偏心量データ(フィルタリング結果データ)の位相がずれるため、(式1)の相殺結果に残差が生じ、制御性能の劣化が生じるという問題がある。図25は、このような問題を解決するために、図19の実施例のフィードフォワード制御部60Aを変形した例を示す。この例では、スイッチ65とフィードフォワードデータ計算部68との間にフィルタリング処理部63が設けられたものである。フィルタリング処理部63は、スイッチ65を介して供給される元の位置信号データに対して位相ずれのない偏心量データを抽出するものである。

【0070】フィルタリング処理部63Aは、入力された元の位置信号データを、例えば1次のデジタルLPFからなるフィルタ631Aに通した後、フィルタ631Aから出力されるデータの時系列を反転部633Aによって反転させて、もう一度フィルタ631Aと同一のフィルタ633Aに通し、反転部634Aによって再度データの時系列を反転させて出力する。フィードフォワードデータ計算部68は、フィルタリング処理部65の出力結果を抽出偏心量データとして、フィードフォワードデータの計算を行う。

【0071】処理部63Aのフィルタリング処理は、例

15

えば以下の式計算により実現することができる。

(i) $d(k)$ ($k = 0 \cdots n-1$) ; 原位置信号データ

(ii) for $i = 0$ to $n-1$

$d1(i+1) = F1 \cdot d1(i) + F2 \cdot d(i)$

; $F1, F2$: フィルタ 631A (633A) 係数

$d1(k)$: 1 回目のフィルタリング結果

(iii) for $j = n-1$ to 0 ; (ii) と計算方向

を反転させる

$d2(j) = F1 \cdot d2(j+1) + F2 \cdot d1(j+1)$

; $d2(k)$: 2 回目のフィルタリング結果、フィードフォワードデータ計算に用いる

【 0 0 7 2 】ただし、フィルタリングの際に、フィルタ時定数に起因する初期追従遅れが発生するため、スイッチ 6 5 を介して入力される元の位置信号データをコピーして 2・3 周期分に拡張したデータをフィルタ 6 3 1 A への入力データとし、フィルタリング結果のうち追従遅れの残留しない中央部のデータを取り出して抽出偏心量データとするとよい。

【 0 0 7 3 】このように構成することにより、基本波だけでなく高調波成分についても位相ずれのない位置信号データのフィルタリング結果データ（抽出偏心量データ）が得られるので、偏心に対する追従残差が発生しないようにできる。

【 0 0 7 4 】図 1 9 の実施例 1 においてヘッド 1 0 が回転アーム 1 2 により支持されている場合、ヘッド 1 0 が移動するとスピンドルモータ 8 の回転位相に対してヘッド位置での偏心位相が変化するため、例えばスピンドルモータ 8 の回転角信号をメモリ 6 2 A のフィードフォワードデータの参照タイミングのための基準信号として用いたのでは、ヘッド 1 0 が移動した時に偏心位相とフィードフォワードデータの出力位相との間にずれを生じてオフトラックが残留するという問題がある。

【 0 0 7 5 】この問題を解決するには、図 2 8 のように、サーボパターン 6 がディスク 2 上にヘッド回転軌跡に合わせて円弧状に形成されている場合には、フィードフォワード制御手段 6 0 A にヘッド半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブルを追加し、円弧状に形成されたサーボパターン 6 をヘッド 1 0 が再生するタイミングに対し、現在のトラック位置に応じて上記テーブルから引き出した位相変化量だけ位相をずらしたものを、メモリ 6 2 A 上のフィードフォワードデータを出力する際の位相基準として用いればよい。

【 0 0 7 6 】すなわち、それぞれサーボパターンが形成されるサーボセクタが等間隔に n 個設けられ、これらのサーボセクタに対し 0 から $(n-1)$ までの番号を付するものとし（この割り当ては、例えば、サーボセクタの中で特にユニークなものをセクタ 0 とし、そこから順番に $(n-1)$ までの番号を付すればよい）、通常制御時に、ヘッド 1 0 がセクタ i ($i = 1 \cdots (n-1)$) のサーボパターンを読み取ったタイミングにおい

16

て、予めヘッドを所定位置に固定した状態での位置信号データから計算した同一時刻 i におけるフィードフォワードデータ $f(i)$ に対して、現在のヘッド半径位置 x における位置信号計測時のヘッド固定位置からの偏心位相変化に相当するサーボセクタ数 k_x 分だけ位相をずらした制御量データ $f(i - k_x)$ をメモリ 6 2 A から参照してフィードフォワード制御出力 5 7 A とし、フィードバック制御部 4 0 の出力 5 2 に加算する構成とする。

【 0 0 7 7 】このため、図 2 6 に示すように、フィードフォワード制御部 6 0 A 中に、ヘッド半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブル 6 7 A を例えば ROM として設ける。図 2 7 は、予め 1 回転分の位置信号の計測を行う際のヘッド固定位置を ID (最内周) とした場合のテーブル 6 7 A の内容の一例を示す。これによって、現在のヘッド位置（トラック番号： x ）における前述の「偏心位相変化に相当するサーボセクタ数 k_x 」が参照される。もちろん、この関係関数式として記憶しておくこともできる。

【 0 0 7 8 】図 2 6 の構成は、図 2 8 に示すように、サーボセクタをヘッド軌跡と同一の円弧状に形成されている場合、ヘッド 1 0 が移動してスピンドル回転中心からの位相が $\Delta \theta$ だけ変化した時、偏心の位相は $\Delta \theta$ 変化するのに対し、図 2 9 に示されているように、同一のサーボセクタがヘッド 1 0 により読み取られるタイミングは、サーボパターンがヘッド軌跡と同一であるため変化しないことを利用している。

【 0 0 7 9 】図 2 9 から、同一サーボセクタにおいて、ヘッド 1 0 の回転中心からの位相変化分 $\Delta \theta$ だけフィードフォワード制御出力 5 7 A の位相をずらす必要のあることがわかり、図 2 6 に示されたフィードフォワード制御部 6 0 A は、予めこの位相変化量 $\Delta \theta$ をヘッド位置（トラック番号： x ）に対応させて記憶する位相変化テーブル 6 7 A を備えたものである。

【 0 0 8 0 】上記実施例は磁気ディスク装置に関するものであるが、本発明は、これに限定されず、光ディスク装置等他のディスク装置にも適用できる。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】本発明の第 1 のディスク装置によれば、フィードバック制御手段によってヘッドの位置決め動作を行ったときの、ディスクの 1 回転分の制御量データを記憶手段に記憶させ、通常制御時に、フィードバック制御手段からの制御出力に記憶手段から読み出された制御量データを加算してアクチュエータに供給するようにしたので、データトラックがスピンドルの回転軸に対して偏心して取り付けられている場合でも、その偏心に対する抑圧率を上げることができるので、偏心に起因するオフトラックを低減させることができる。

【 0 0 8 2 】本発明の第 2 のディスク装置によれば、ヘッドを所定位置に固定した状態での 1 回転分の位置信号

(偏心量に相当する)の測定を行って得られた位置信号データに対し制御対象であるアクチュエーターヘッド系の伝達関数の逆数に相当するゲインおよび位相の変化を与えたものまたはその符号を反転したものをフィードフォワードデータとして記憶手段に予め記憶させておき、通常制御時には、フィードバック制御手段からの制御出力に記憶手段から読み出したフィードフォワードデータを加算または減算してアクチュエータに供給するようにしたので、データトラックがスピンドルの回転軸に対して偏心して取り付けられている場合でも、その偏心に対する抑圧率を上げることができるので、偏心に起因するオフトラックを低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を磁気ディスク装置に適用した一実施例を示すブロック図である。

【図 2】予備トラッキング動作時の、加算制御量データをメモリ 62 に記憶する手順を示すフローチャートである。

【図 3】図 1 の実施例のメモリ 62 の制御量データの位相ずれを無くすように構成した場合のフィードフォワード制御部の構成例を示すブロック図である。

【図 4】サーボパターンが放射状に形成されたディスクと、ヘッド 10 が最内周から最外周に移動してスピンドル回転中心からの位相が $\Delta \theta$ だけ変化したときに、偏心の位相が $\Delta \theta$ だけ変化することを示す図である。

【図 5】図 4 のディスクにおいて偏心の位相が $\Delta \theta$ だけ変化したときに、放射状に形成された同一サーボセクタがヘッド 10 によって読み取られるタイミングも $\Delta \theta$ 変化することを示す図である。

【図 6】サーボパターンが、ヘッド回転軌跡に合わせて円弧状に形成されたディスクと、ヘッド 10 が移動してスピンドル回転中心からの位相が $\Delta \theta$ だけ変化したときに、偏心の位相が $\Delta \theta$ だけ変化することを示す図である。

【図 7】図 6 のディスクにおいて、偏心の位相が $\Delta \theta$ 変化したときに、ヘッド軌跡に合わせて円弧状に形成された同一サーボセクタのヘッド 10 に読み取られるタイミングが変化しないことを示す図である。

【図 8】フィードフォワード制御部 60 中にヘッド半径位置に対する偏心位相の変化を記憶したテーブルを設けた例を示すブロック図である。

【図 9】図 8 に示された、ヘッド位置に対する偏心位相の変化を記憶するテーブル 67 の記憶内容の一例を示した図である。

【図 10】フィードバック制御 (PID 制御) 部 40 のみでの偏心時のトラッキング波形 (三周分) の一例を示す波形図である。

【図 11】図 10 の制御電流波形の縦軸レンジを拡大し示す波形図である。

【図 12】図 13 の処理部 63 のフィルタリングのため

の原信号の一例を示す波形図である。

【図 13】図 12 の原信号を帯域 200 [Hz] のデジタル LPF に通した結果を示す波形図である。

【図 14】図 13 のデータの時系列を反転させて同一のフィルタに通した結果を示す波形図である。

【図 15】図 14 のフィルタリング結果に対して (2 回分の) フィルタゲインの逆数を乗じて得られた結果を示す波形図である。

【図 16】図 13 のフィルタリング結果を点で、図 14 のフィルタリング結果を波線で、図 15 のゲイン補正を行った結果を実線で示す拡大波形図である。

【図 17】フィードフォワードデータとして使用される図 16 の 2 周期目のデータ (各サンプルにおけるゲイン補正後のデータ) を示す波形図である。

【図 18】図 17 に示した電流をフィードフォワードデータとして加算した場合のトラッキング波形の一例を示す波形図である。

【図 19】本発明を磁気ディスク装置に適用した別の実施例を示すブロック図である。

【図 20】予め、ヘッドを固定して 1 回転分の位置信号を計測し、その位置信号 (偏心量) データを用いてフィードフォワードデータを計算する手順を示すフローチャートである。

【図 21】図 19 の実施例の簡略化したブロック線図である。

【図 22】図 21 のブロック線図を等価変換したブロック線図である。

【図 23】図 19 の実施例において、アクチュエーターヘッド系の伝達関数のゲインをヘッド振動振幅に対する関数の形で記憶されるテーブルの一例を示す図である。

【図 24】図 19 の実施例において、アクチュエーターヘッド系の伝達関数の位相をヘッド振動振幅に対する関数の形で記憶されるテーブルの一例を示す図である。

【図 25】図 19 の実施例のフィードフォワード制御部 60 A の別の構成例であって、スイッチ 65 とフィードフォワードデータ計算部 68 との間にフィルタリング処理部 63 A を設けた例を示すブロック図である。

【図 26】図 19 の実施例のフィードフォワード制御部 60 A の他の構成例であって、位相変化テーブル 67 A を設けた例を示すブロック図である。

【図 27】図 26 の位相変化テーブル 67 A の記憶内容の一例である、ヘッド位置に対する偏心位相の変化の一例を示す図である。

【図 28】サーボパターンがヘッド回転軌跡に合わせて円弧上に形成されたディスクと、ヘッド 10 が移動してスピンドル回転中心から位相が $\Delta \theta$ だけ変化したときに、偏心の位相が $\Delta \theta$ だけ変化することを示す図である。

【図 29】図 28 のディスクの回転軌跡状のサーボパターンをヘッド 10 が再生するタイミングの変化を表す図

である。

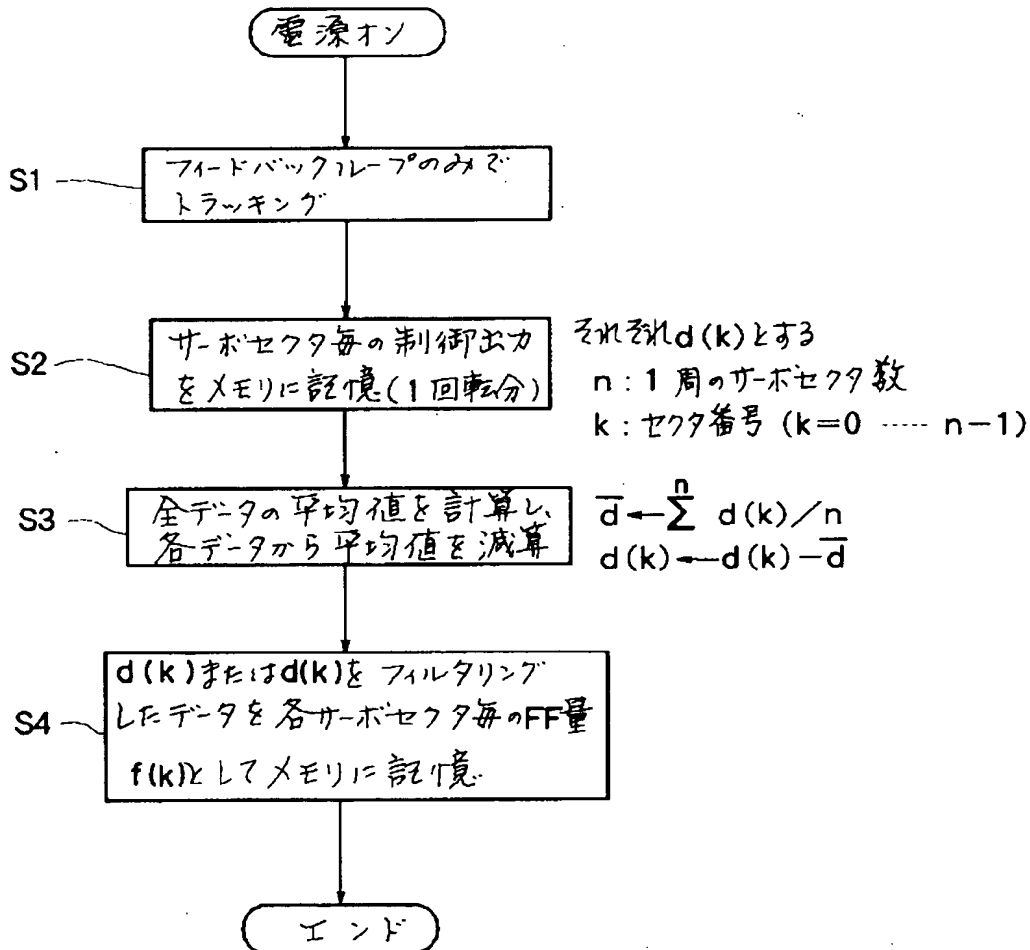
【図 30】従来の磁気ディスク装置の一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

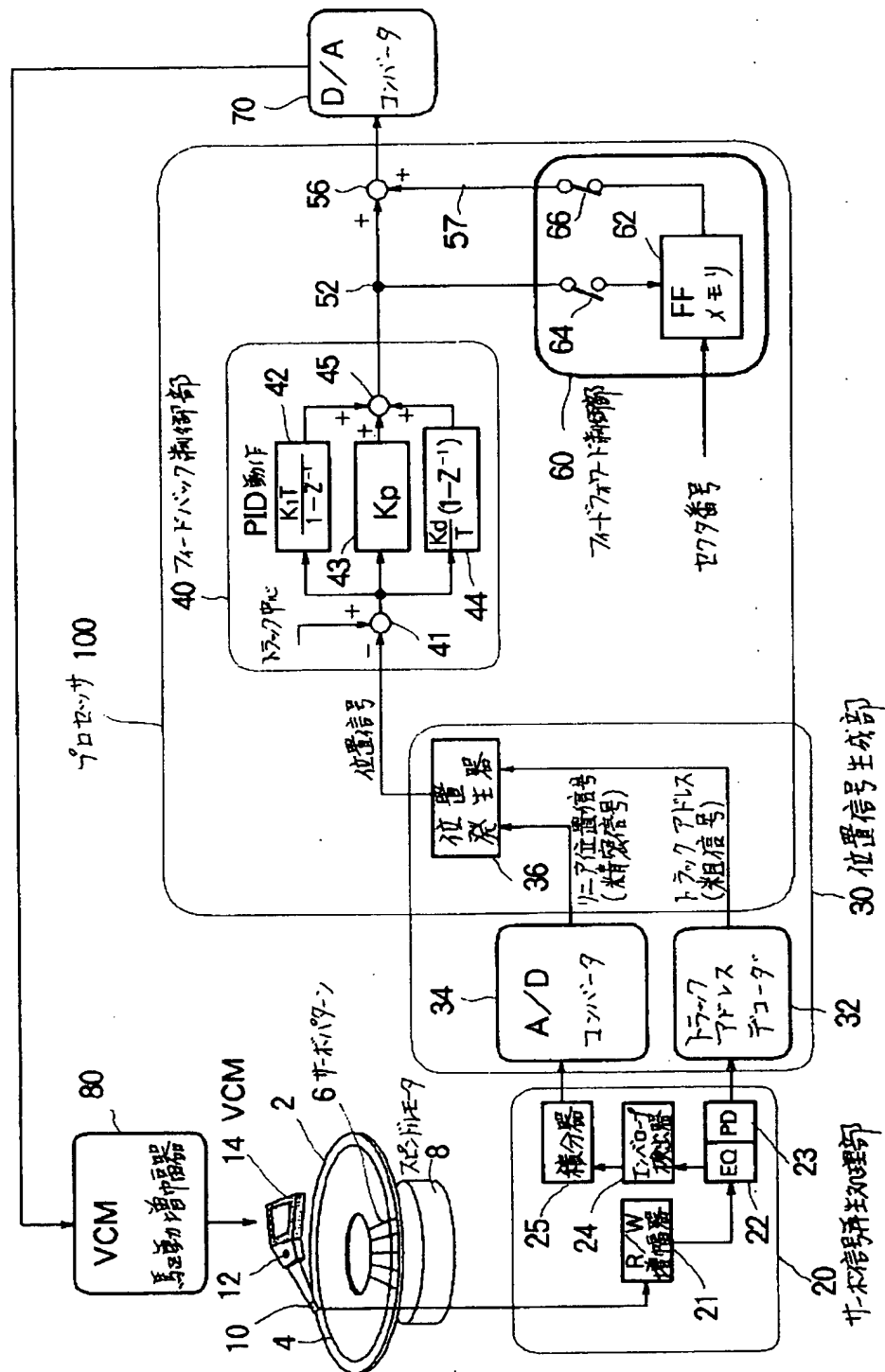
2 磁気ディスク
4 トラック
6 サーボパターン
8 スピンドルモータ
10 磁気ヘッド
12 アーム
14 ボイスコイルモータ (VCM)
20 サーボ信号再生処理部
30 位置信号生成部
40 フィードバック制御部
56, 56A 加算器

57, 57A フィードフォワード制御出力
60, 60A フィードフォワード制御部
62, 62A FFメモリ
63, 63A フィルタリング処理部
64, 65, 66 スイッチ
68 フィードフォワードデータ計算部
70 D/Aコンバータ
80 VCM駆動増幅器
151 コントローラ伝達関数
152 制御対象伝達関数
r 目標トラック中心
x ヘッド位置
y 観測位置
d トラック偏心

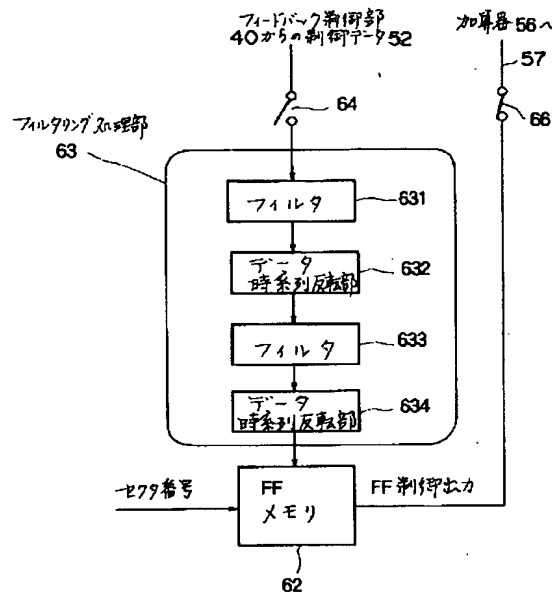
【図 2】



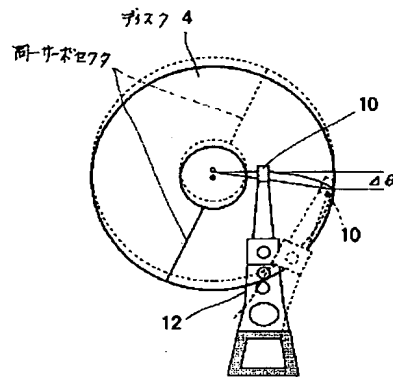
【図 1】



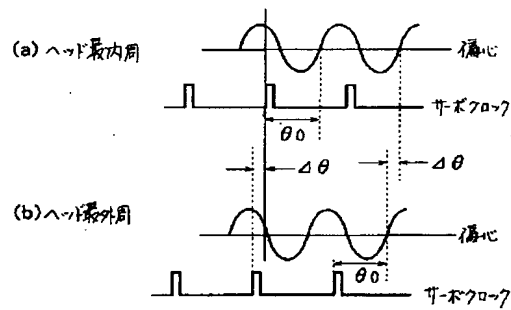
【図 3】



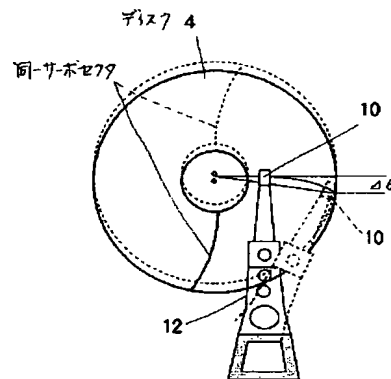
【図 4】



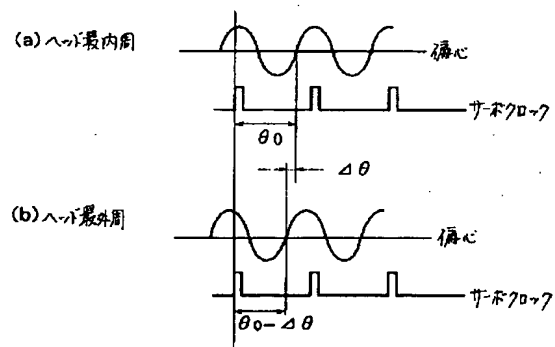
【図 5】



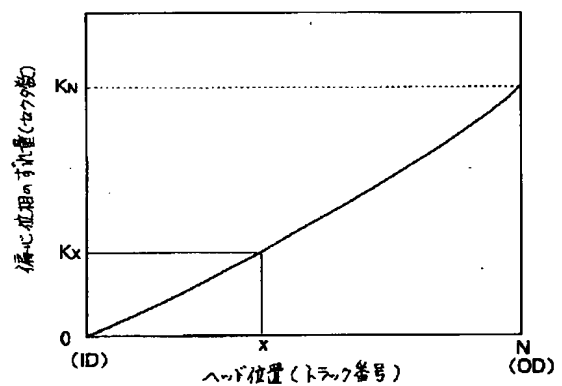
【図 6】



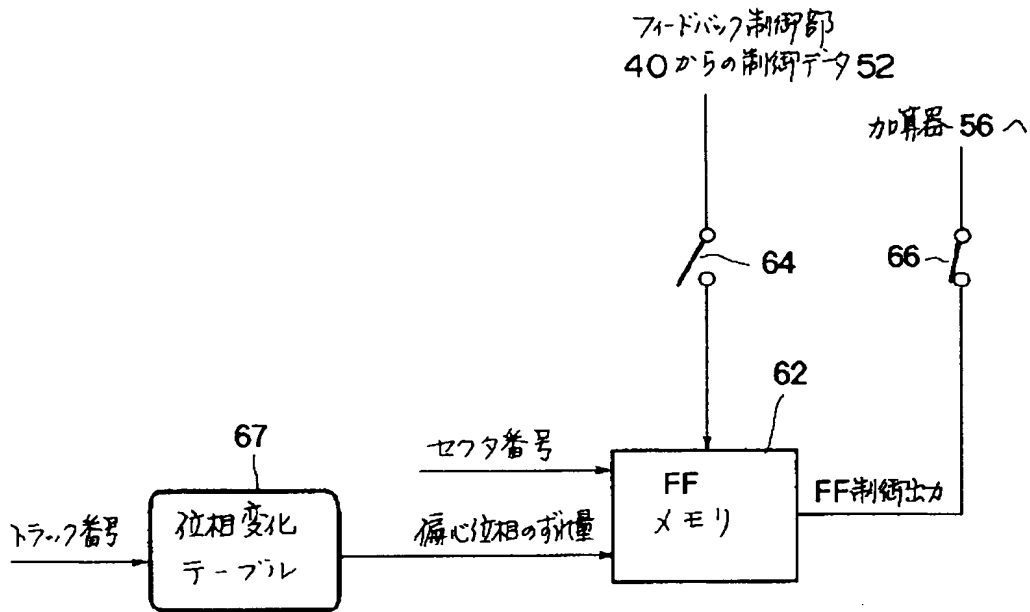
【図 7】



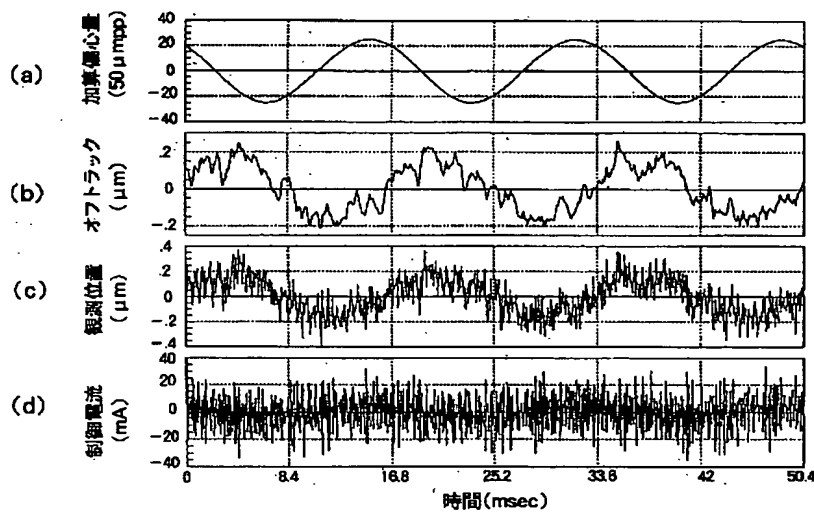
【図 9】



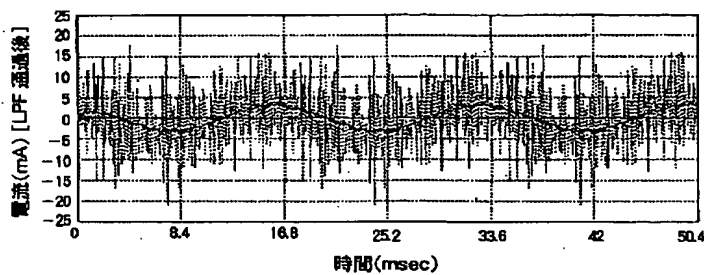
【図 8】



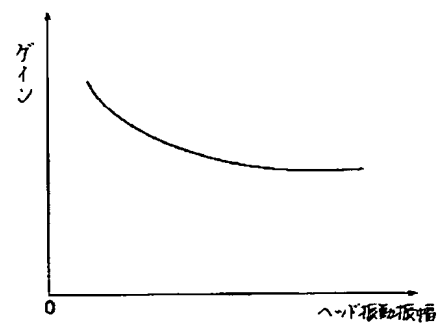
【図 10】



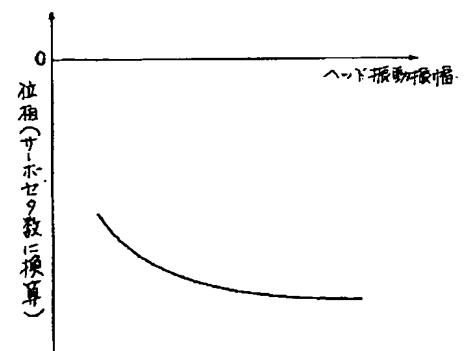
【図 13】



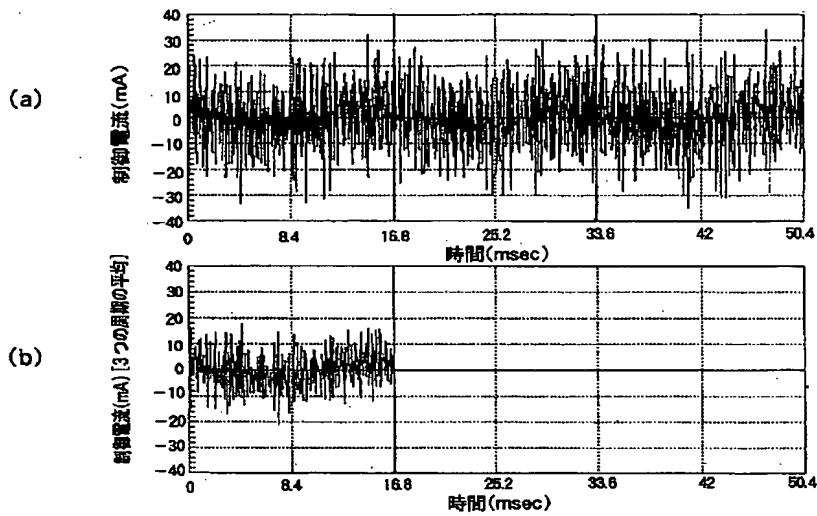
【図 23】



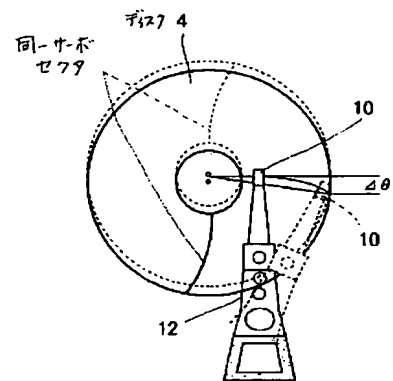
【図 24】



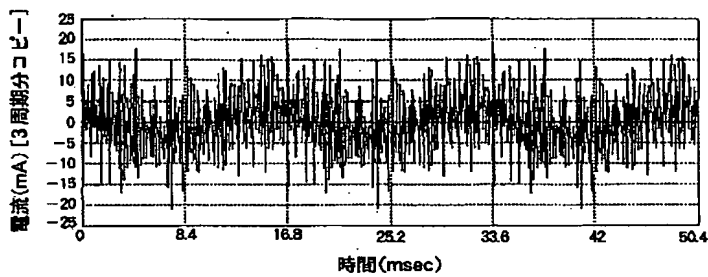
【図11】



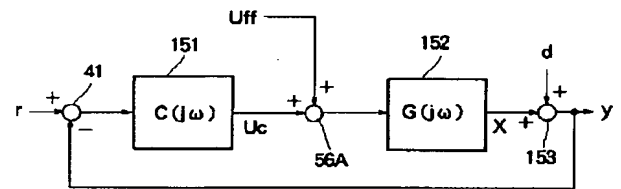
【図28】



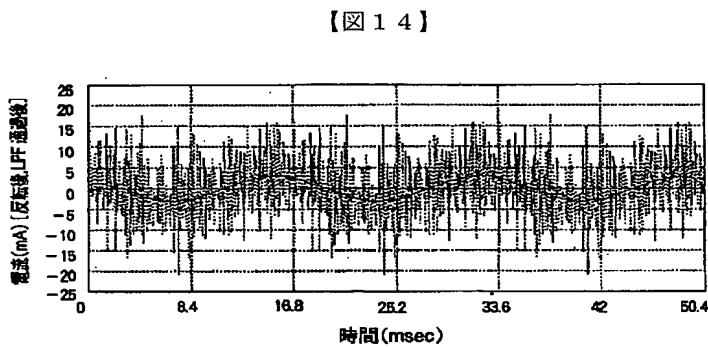
【図12】



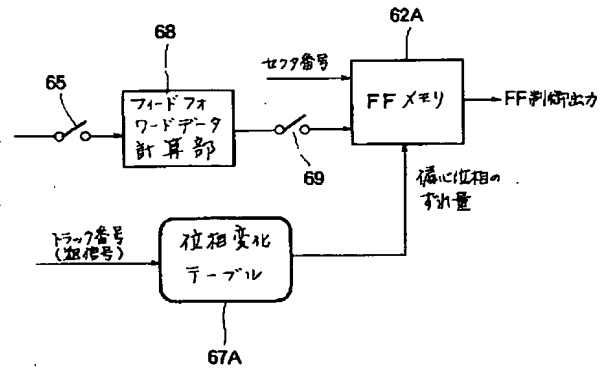
【図21】



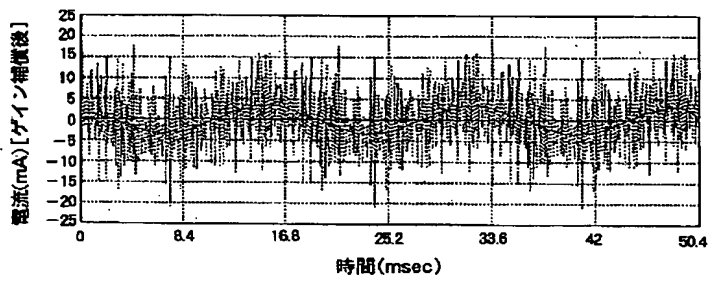
【図26】



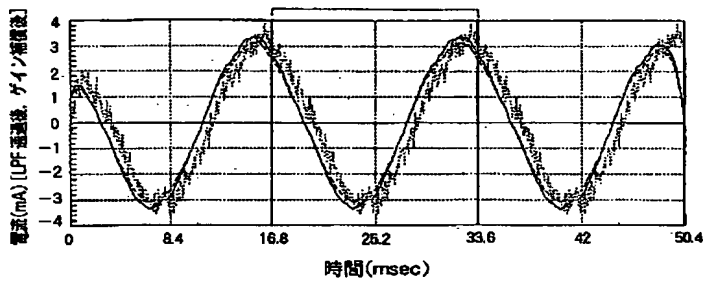
【図14】



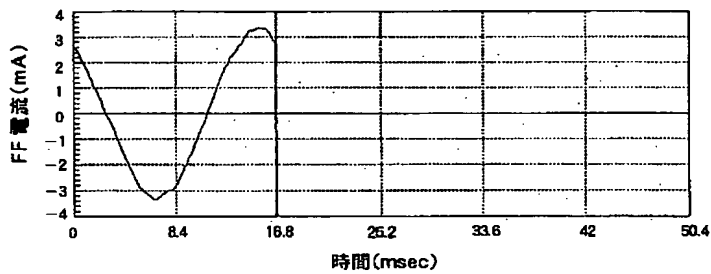
【図 1 5】



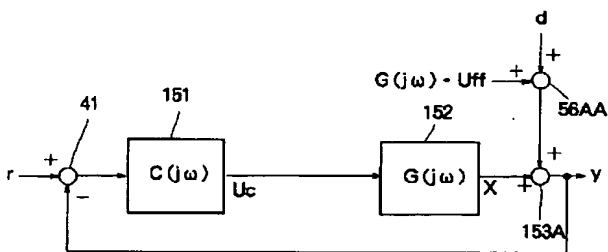
【図 1 6】



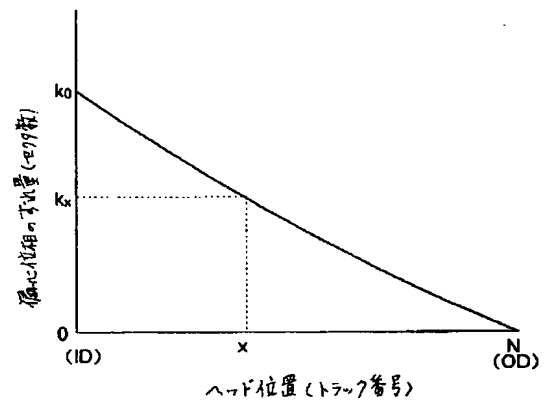
【図 1 7】



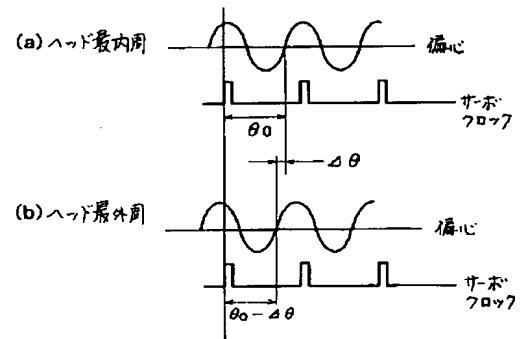
【図 2 2】



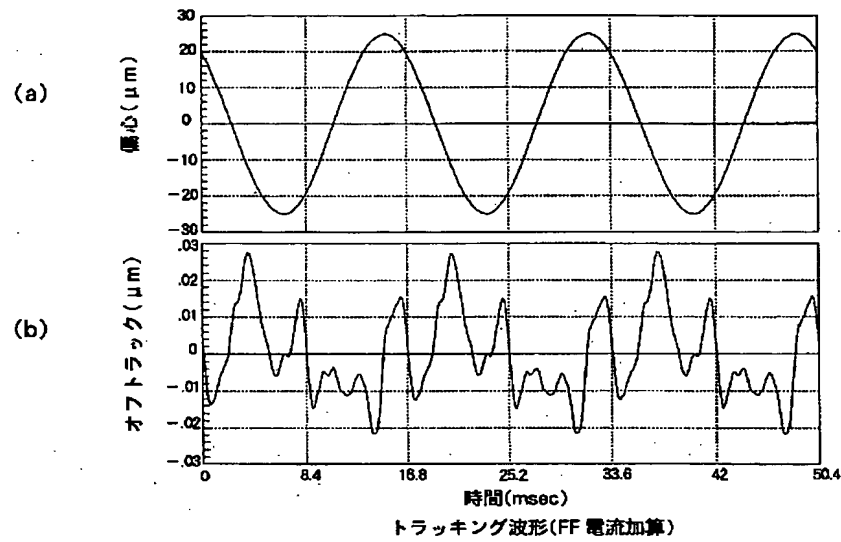
【図 2 7】



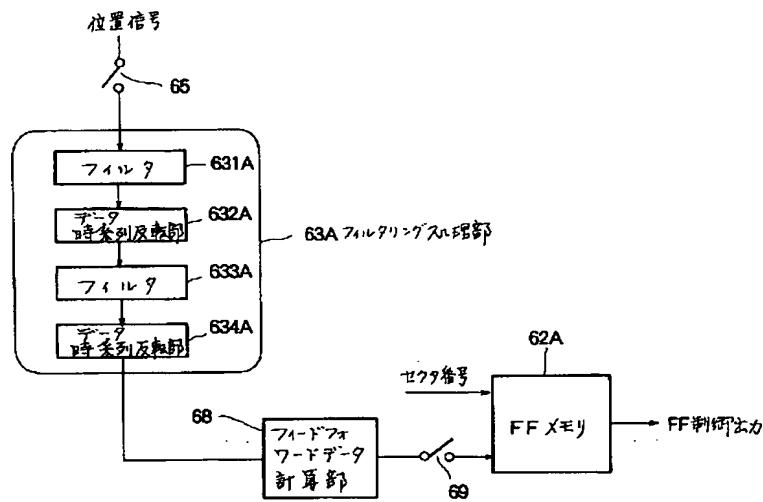
【図 2 9】



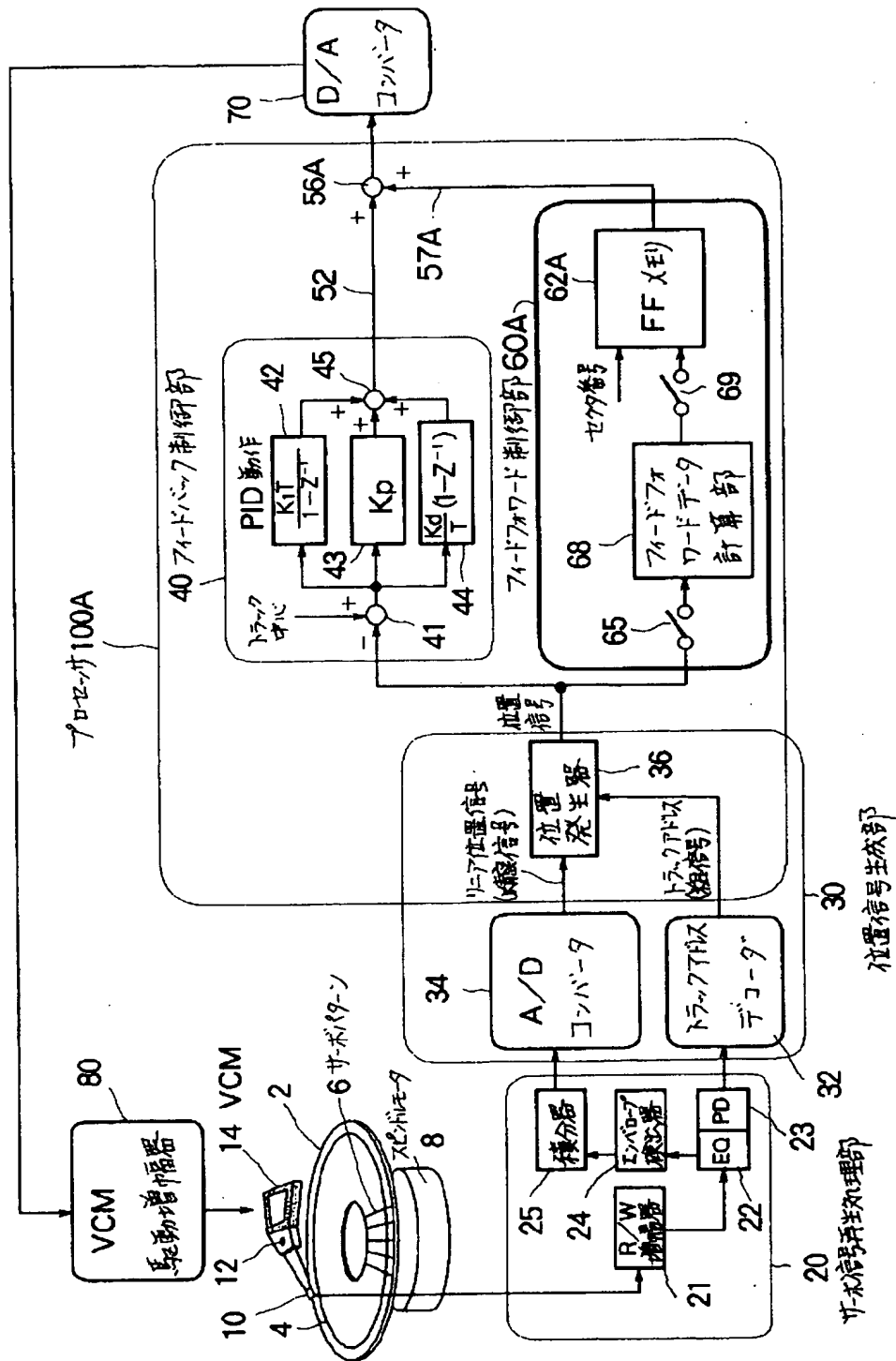
【図18】



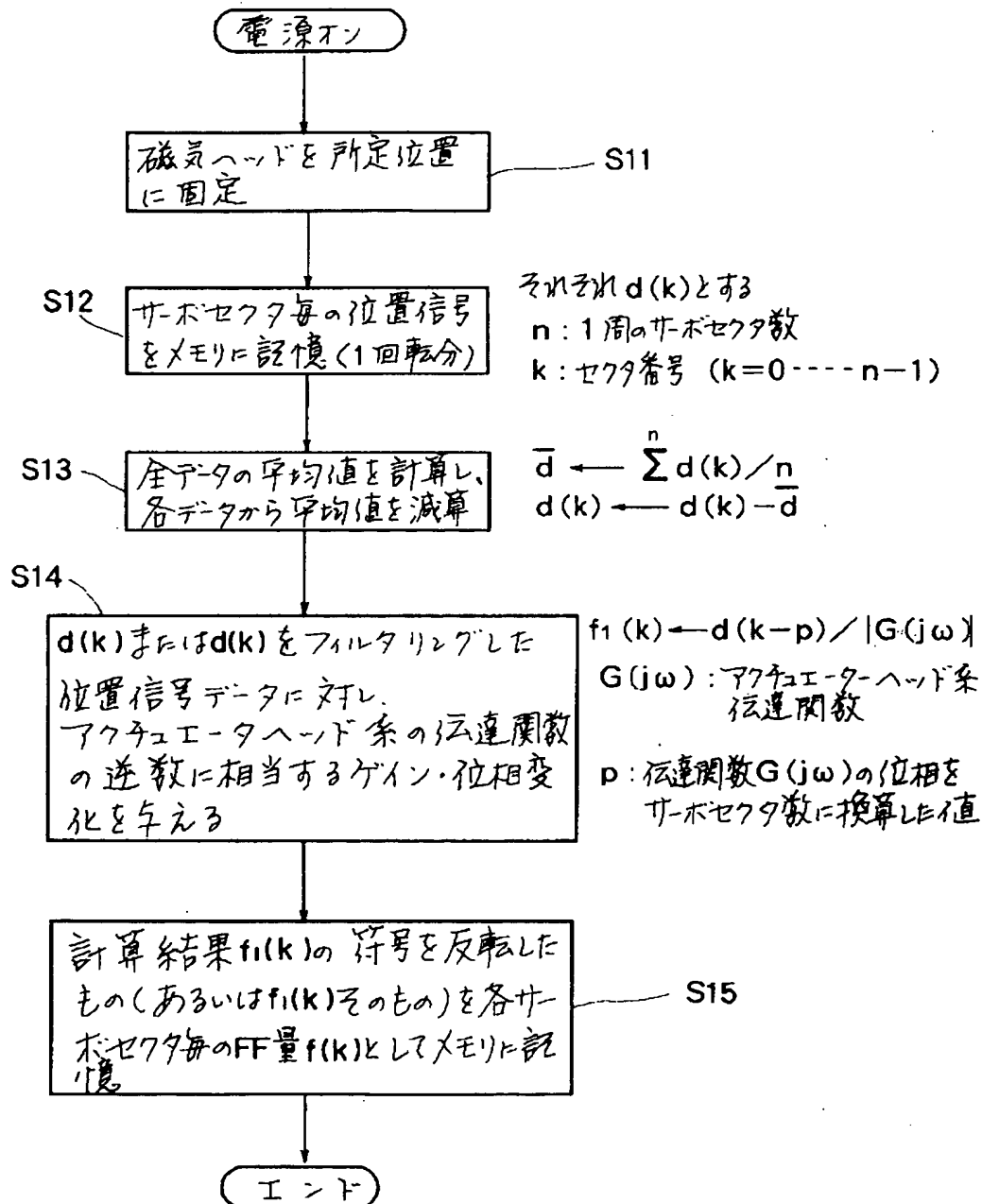
【図25】



【図 19】



【図 20】



【図 30】

